

L'influenza della piovosità e dell'antropizzazione sulla serie storica delle piene catastrofiche (Calabria sud-occidentale)

OLGA PETRUCCI
CNR-IRPI, COSENZA
e-mail: o.petrucci@irpi.cnr.it

ANGELA AURORA PASQUA
CNR-IRPI, COSENZA

MAURIZIO POLEMIO
CNR-IRPI, Bari

RIASSUNTO

E' stata effettuata una ricerca per ricostruire la serie storica delle piene verificatesi a partire dal XVII secolo in un settore della Calabria sud-occidentale coincidente con il comune di Reggio Calabria. Dei 150 eventi di piena costituenti la serie, il 4% è responsabile di danni alla popolazione, mentre nei restanti casi i danneggiamenti sono a carico di infrastrutture, opere idrauliche ed edilizia. La serie storica è stata analizzata congiuntamente ai dati di pioggia (per il periodo in cui essi sono disponibili) e alle principali modificazioni legate all'incremento demografico dell'area analizzata. Lo scopo è di valutare se la frequenza delle piene responsabili di danni è cambiata durante il periodo analizzato e il ruolo esercitato su tale frequenza dalle piogge e dalle modificazioni antropiche del territorio. L'analisi evidenzia che il trend delle piene in grado di generare danni è in crescita, mentre il trend delle piogge, come osservato anche a scala regionale, è in diminuzione. Al contrario, i trend della popolazione e dell'espansione urbanistica mostrano una crescita, molto marcata negli ultimi decenni. L'incremento delle piene catastrofiche appare, dunque, connesso più alla progressiva urbanizzazione delle aree inondabili che alle modificazioni della piovosità.

1. INTRODUZIONE

Da diversi anni si sta affermando una disciplina nota nella letteratura internazionale come *historical hydrology*. Si tratta di un settore di ricerca che focalizza l'attenzione sui periodi più antichi, per i quali non esistono dati strumentali, con lo scopo di incrementare la lunghezza della serie storica delle piene. In tal modo si costituiscono più solide basi per le elaborazioni statistiche finalizzate all'individuazione dei periodi di ritorno delle piene o alla valutazione della variabilità climatica sulla frequenza delle piene (Brázdil *et al.* 2006). In bacini torrentizi, in cui l'estrema variabilità del flusso idrico impedisce di impiantare stazioni di misura della portata e dunque di raccogliere dati strumentali, l'analisi dei dati storici può rappresentare l'unica strada per far luce sulle piene pregresse, particolarmente

te su quelle che hanno causato danni a beni e/o persone. I dati che si raccolgono hanno carattere qualitativo, ma idoneamente trattati possono essere comparati a dati climatici

per indagare sul trend delle piene (Petrucci e Polemio, 2007; Polemio, 2010).

La nota presenta un caso di studio di analisi comparata della serie storica delle piene

N.	Nome	A (km ²)	L (km)	Q _{max} (m)	S (%)
1	Catona	6	4.6	101	2.2
2	Gallico	38	21.2	1707	8.1
3	Scacciotti	14	6.7	601	8.9
4	Torbido	13	4.8	443	9.2
5	Annunziata	61	18.2	1349	7.4
6	Calopinace	26	12.8	1077	8.3
7	S. Agata	28	11.5	412	3.6
8	Armo	13	6.4	564	8.7
9	Valanidi	15	13.7	1024	7.4
10	Macellari	11	4.5	401	8.9
11	Lume	10	4.5	201	4.4

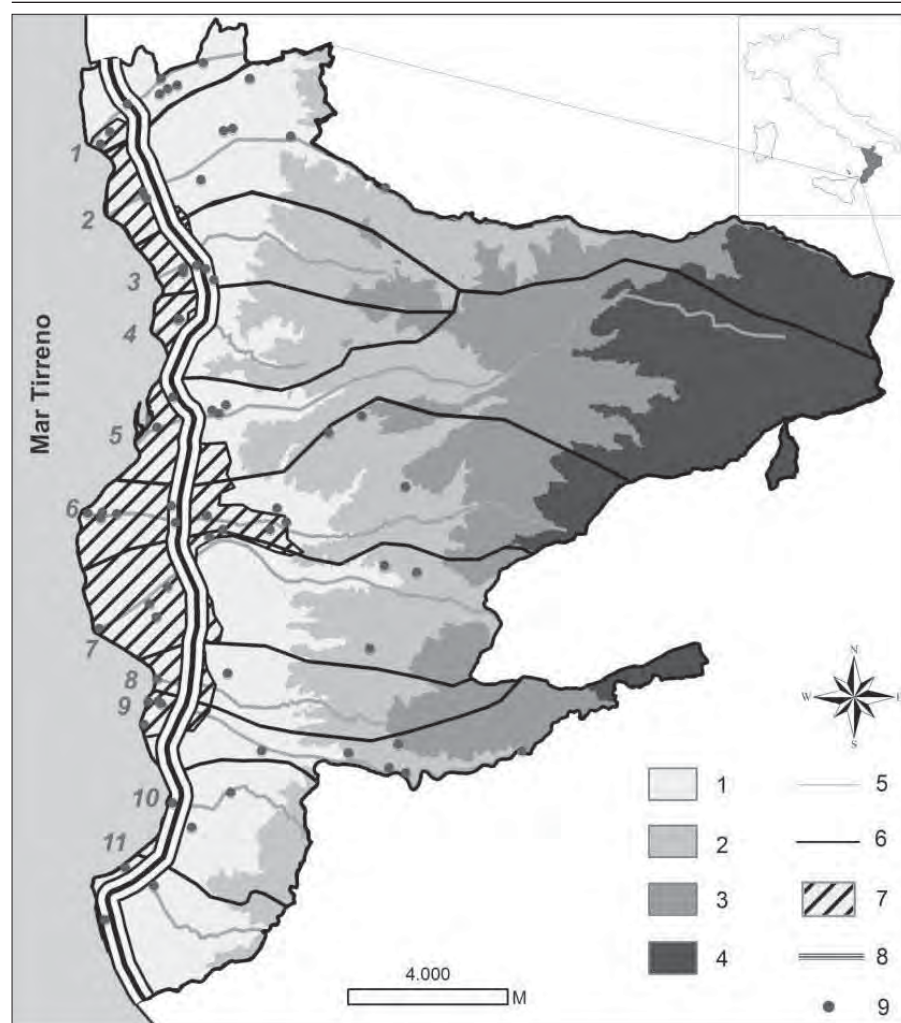


Figura 1 – In alto: le fiumare del comune di Reggio Calabria. N.) numero; A) area del bacino; L) lunghezza dell'asta; Q_{max}) quota massima s.l.m.; S) pendenza dell'alveo. I bacini dal numero 1 al 9 attraversano la città. In basso l'area di studio: il comune di Reggio Calabria. Altitudine: 1) 0-260; 2) 260-610; 3) 610-1030; 4) 1030-1779 m s.l.m. 5) Fiumare denominate come nella tabella. 6) Bacini idrografici; 7) Area urbana; 8) Strada Statale; 9) Aree danneggiate da piene fra il XVII secolo ed il 2010.

e della piovosità in un settore della Calabria sud-occidentale, al fine di verificare l'esistenza di trend nella serie delle piene catastrofiche e di spiegarne i fattori determinanti.

2. IL RISCHIO PIENE NELLE FIUMARE CALABRE

La Calabria è caratterizzata da una morfologia aspra, in cui le aree utilizzabili per l'espansione edilizia sono in prevalenza localizzate lungo le vallate fluviali o nelle strette pianure costiere. I corsi d'acqua, denominati fiumare, presentano carattere torrentizio ed hanno alvei larghi anche più di 1000 m, che restano asciutti per gran parte dell'anno e soltanto nelle piene maggiori impegnano l'intera sezione di deflusso. A causa della migrazione continua dei canali attivi in alveo in funzione delle variazioni della portata, non è possibile installare stazioni di misura di portata. Pertanto, l'analisi della documentazione storica sulle piene pregresse rappresenta l'unico modo per reperire dati, anche se di carattere qualitativo, sugli eventi del passato e gli effetti da essi indotti.

Poiché le piene più devastanti hanno tempi di ritorno che superano il periodo di cui la popolazione locale conserva memoria (40-50 anni al massimo), è facile che la consapevolezza della pericolosità delle fiumare sia spesso blanda, circostanza questa che in parte spiega la progressiva realizzazione di manu-

fatti in aree alluvionabili. A volte si tratta di cascine o capanni per gli attrezzi agricoli, che nel tempo vengono "convertiti" in abitazioni vere e proprie. Si assiste dunque a una variazione del valore dell'elemento posto in una zona vulnerabile: esso diventa una specie di spia rivelatrice delle piene ed incrementa il rischio. In pratica, è possibile che non siano rimaste tracce documentali delle piene che in passato hanno danneggiato cascine o capanni, ma è molto probabile che le piene successive alla loro conversione in abitazioni siano registrate nei documenti storici. Secondo questo meccanismo, l'entità dei danni può crescere anche senza che l'entità delle piogge e delle conseguenti piene aumenti.

3. L'AREA DI STUDIO

Reggio Calabria (236 km²) è la città più grande della Calabria, sia per estensione geografica che per numero di abitanti, pari a circa 185.000.

Il centro abitato, rimodulato dopo il disastroso terremoto del 1908 che distrusse gran parte delle abitazioni, si sviluppa secondo una fascia parallela alla costa tirrenica.

Il clima è mediterraneo, con estati secche ed inverni piovosi. Considerando sei stazioni pluviometriche localizzate all'interno o vicino ai limiti comunali (Arasi, Armo, Gallico, Reggio C., Rosario, Catona e Motta S. Giovanni, comprese fra 10 e 573 m slm) la piovosità

media annua risulta pari a 806 mm e la media dei giorni piovosi è 88. I mesi più piovosi sono novembre, dicembre e gennaio, mentre il più secco è luglio.

Il comune si sviluppa su una pianura alluvionale costruita da undici fiumare, nove delle quali passano attraverso il centro abitato (Fig. 1). Queste fiumare si originano dal rilievo metamorfico paleozoico dell'Aspromonte (1955 m) e raggiungono il livello del mare lungo percorsi brevi e ripidi.

4. RACCOLTA DATI

I dati storici utilizzati nella nota sono in parte tratti dalla banca dati ASICal (Aree Storicamente Inondate in Calabria, <http://www.camilab.unical.it/>) e in parte sono stati raccolti mediante un'indagine nell'archivio storico del CNR-IRPI di Cosenza. L'analisi di queste due fonti di informazione ha consentito di ricostruire la serie storica delle piene che hanno causato danni a beni e/o persone nel comune di Reggio Calabria fin dal XVII secolo. I dati raccolti sono stati organizzati in record, ognuno dei quali riportante l'individuazione di quando – *anno, mese e giorno* – e dove – *provincia, comune e località* – una determinata piena si è manifestata. Il tutto corredato dalla trascrizione di quanto accaduto, sia in termini di fenomeni che di danni a beni o persone, ed eventualmente integrato da immagini o foto, se disponibili.

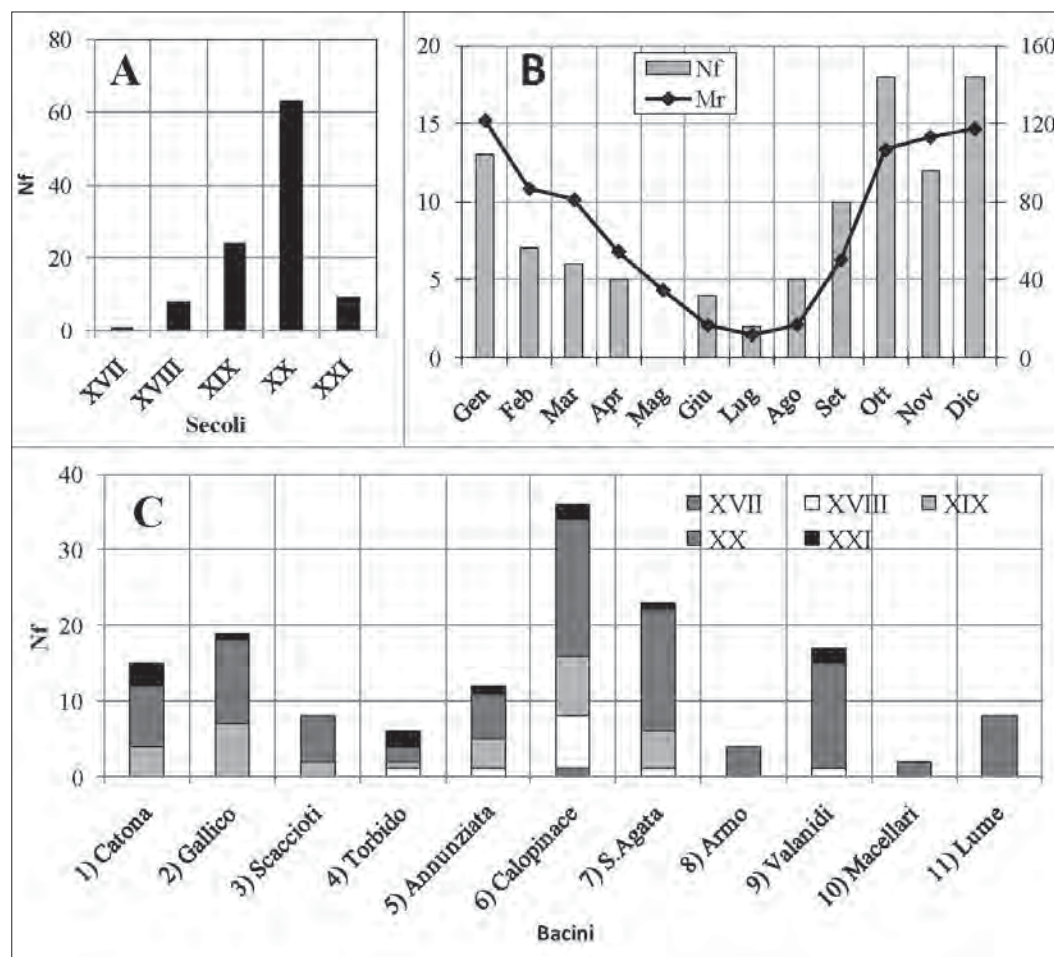


Figura 2 – A) Numero di piene responsabili di danni (Nf) registrate nei secoli scorsi nei bacini ricadenti nel comune di Reggio Calabria. B) Numero di piene responsabili di danni (Nf) classificate per mese, e pioggia media mensile (Mr) registrata nelle stazioni disponibili. C) Numero di piene responsabili di danni registrate in ogni bacino, raggruppate per secoli.

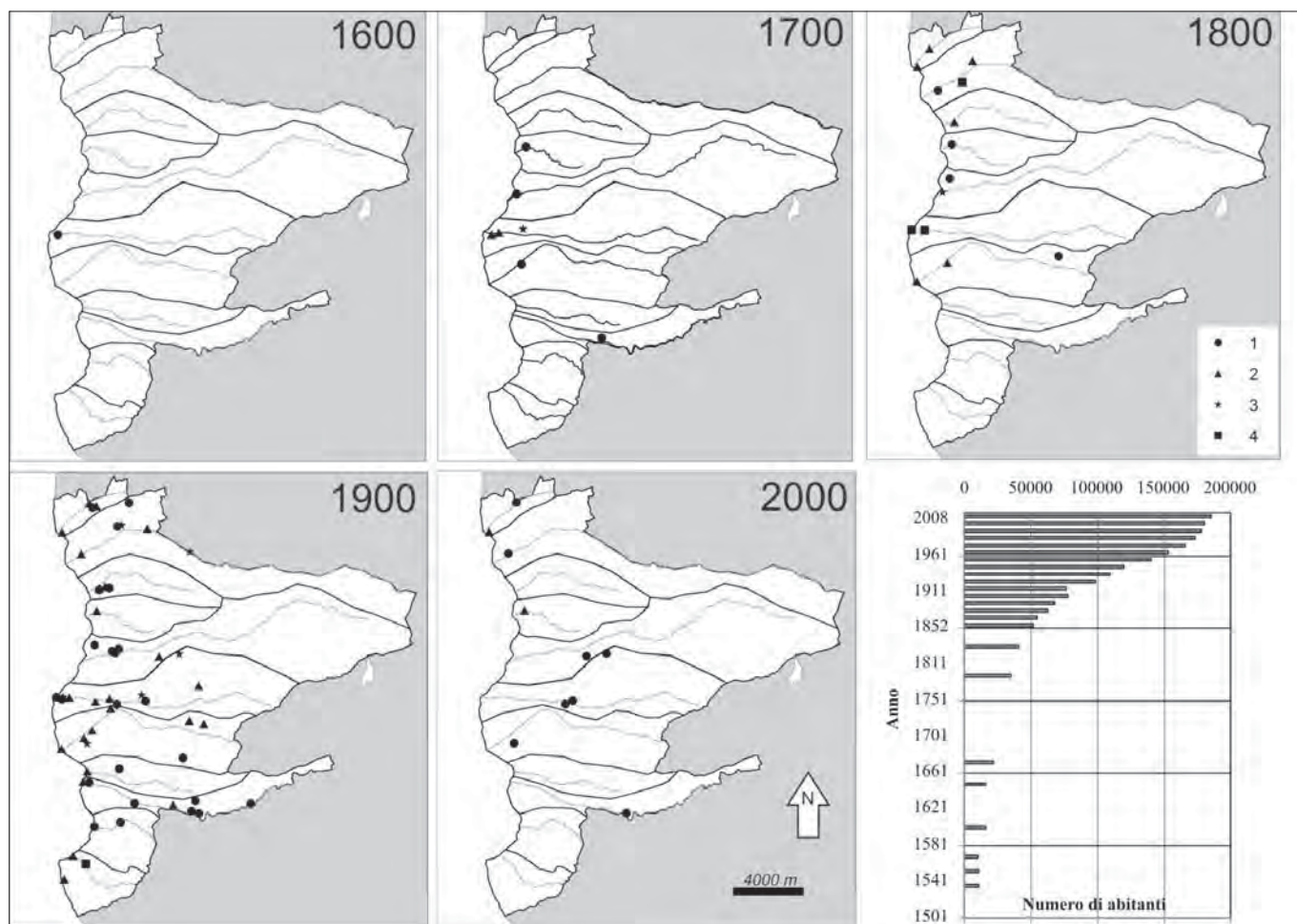


Figura 3 – Localizzazione dei punti affetti da danni di piena nei secoli indicati in alto a destra di ogni mappa. I diversi simboli indicano il numero di casi in cui un dato sito è stato colpito (1= 1 caso; 2= 2 casi; 3= 3 casi; 4= 4 casi). L'istogramma rappresenta il trend della popolazione di Reggio Calabria nei secoli passati.

La serie storica è costituita da 150 record che descrivono danni causati dalle piene di uno o più di uno dei bacini ricadenti nel perimetro municipale (Fig. 2).

La scarsa disponibilità di dati relativi ai secoli XVII e XVIII e alla prima metà dell'800 rendono dubbia l'individuazione di eventuali trend del numero di piene dannose. Il maggior numero di dati inerente il XX secolo riflette, oltre ad una reale occorrenza di eventi di piena, anche una maggiore diffusione dell'informazione e una crescente sensibilità nei confronti dei fenomeni di dissesto idrogeologico che sono caratteristiche di tale secolo, specie su fonti di informazione come i quotidiani confluiti nella banca dati ASICal. L'unico trend che si individua è l'aumento del numero di piene nelle epoche più recenti. Mentre nel XX secolo il numero di record in 100 anni è pari a 95 (in media 0.95 eventi per anno), negli ultimi 10 anni si registrano 12 eventi in soli 10 anni, ovvero 1.2 eventi per anno.

Occorre inoltre tenere presente che l'urbanizzazione dell'area è aumentata sin dall'inizio del XX secolo. Nelle epoche più remote, le piene interessavano settori caratterizzati da insediamenti sparsi e bassa densità di elementi vulnerabili, pertanto non producevano danni e non restava testimonianza storica di esse.

Per i casi in cui i documenti reperiti contenevano indicazioni dei luoghi interessati dai danni da piena, è stata effettuata l'individuazione, in ambito GIS, dei toponimi indicativi di tali luoghi, sia su cartografia attuale che su mappe risalenti al XIX secolo (per i più antichi toponimi attualmente in disuso). In tal modo è stato creato un layer dei punti colpiti durante tutte le piene della serie storica per le quali tale indicazione era disponibile (Fig. 3).

L'istogramma di Fig. 3 rappresenta il trend della popolazione di Reggio Calabria durante lo stesso periodo. Dati ufficiali sulla popolazione sono disponibili a partire dal 1861 (ISTAT), mentre per i periodi precedenti è possibile reperire dati affidabili ma discontinui in alcuni testi storici come Giustiniani (1797) e Marzolla (1851). Durante i secoli XVI e XVII la città era popolata da meno di 30.000 persone; per il secolo XVII il numero di abitanti non è disponibile ma dal 1852 la popolazione è in crescita, con la sola eccezione del 1908, anno del devastante terremoto che colpì la città. L'aumento della popolazione è marcato fra il 1911 ed il 1961: da 75.000 a più di 150.000; il censimento più recente riporta circa 180.000 abitanti. L'aumento del numero di abitanti ha causato una modificazione continua dell'uso del suolo in diversi settori e l'espansione delle aree urbanizzate. In alcuni

casi la crescita urbana è stata effettuata senza una adeguata pianificazione e senza tener conto del reticolo di drenaggio, sottostimando il potere distruttivo delle fiumare. Questo ampliamento delle aree urbanizzate assume due forme principali: a) presenza di nuovi insediamenti in aree alluvionali, il cui sviluppo è incoraggiato dal falso senso di sicurezza creato dalla bassa frequenza delle piene più distruttive e dalla presenza di arginature; b) riduzione progressiva delle sezioni di deflusso dei corsi d'acqua che attraversano l'abitato: alcuni di essi sono stati tombati e soltanto i toponimi consentono di individuarne l'antico percorso.

Il maggior numero di piene si concentra in ottobre (18 eventi), seguito da dicembre (8) e novembre (12), in buon accordo con il regime della piovosità. Il maggior numero di piene interessa i bacini delle fiumare Calopinace, S. Agata e Gallico, rispettivamente con 36, 23, e 19 casi. Riguardo ai danni, per 129 dei 150 eventi censiti i dati raccolti consentono di stimare i danni delle piene; tali record riguardano principalmente le fiumare Calopinace (23% dei casi), S. Agata (17%), Gallico (15%), Catona (10%) e Valanidi (10%). I danni interessano più frequentemente le opere idrauliche in alveo, principalmente gli argini, che nei secoli sono stati ricostruiti o

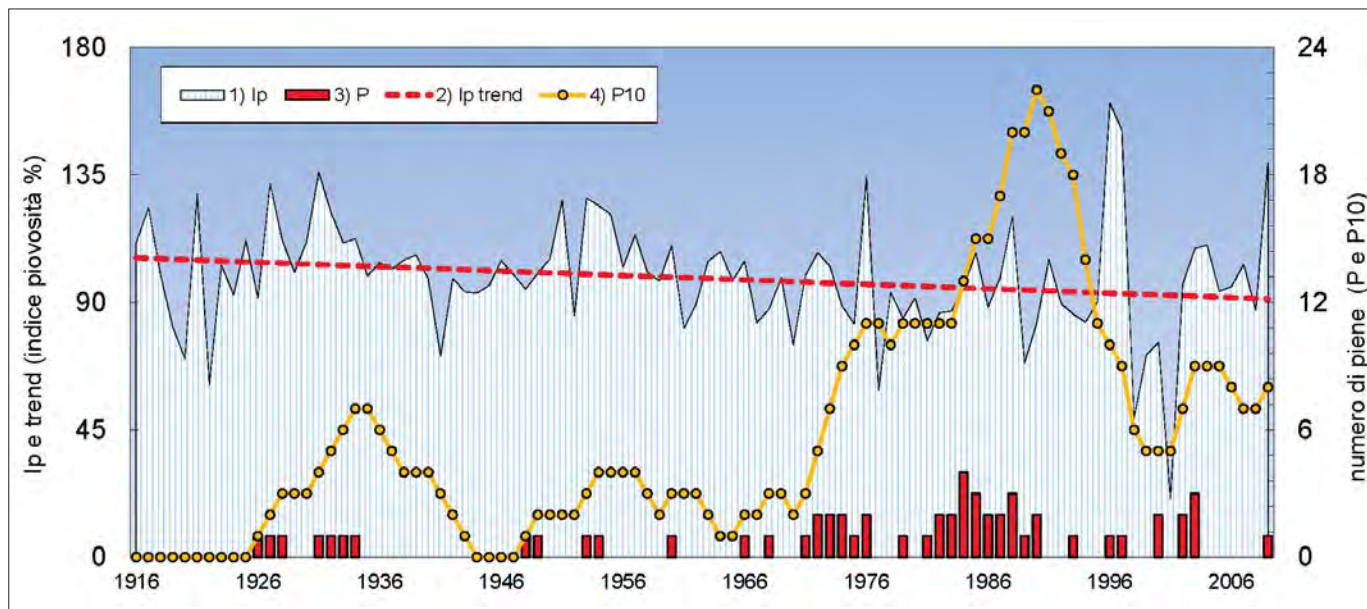


Figura 4 – Diagramma dell'indice della piovosità annuale (I_p), il numero annuale di piene catastrofiche (P) e le rette trend di I_p e di P_{10} , la cumulata decennale di P .

sopraelevati per contenere anche l'enorme trasporto solido che caratterizza le piene maggiori (25% dei casi). Seguono le strade (18%), l'edilizia (14%) e l'agricoltura (16%). I danni alle persone si registrano solo in sei bacini: i casi in cui si registrano vittime (4% del totale) sono prevalentemente dei secoli scorsi (1743, 1793, 1795, 1871, 1880, e 2003). In particolare, per l'evento del 1793, fonti di informazioni coeve riportano un numero di vittime maggiore di 400.

I dati di piovosità mensile sono disponibili per il periodo 1916-2009, in sei serie temporali di dati, una per ciascun pluviometro dell'area.

Per valutare in modo sintetico il trend della piovosità, è stato calcolato l'indice della piovosità annuale ($I_{p,y}$) per ogni anno (y) che è applicato all'intera area (Petrucchi e Polemio 2003):

$$I_{p,y}(\%) = \frac{\sum_i P A_{i,y}}{\sum_i P M A_i} \% \quad (1)$$

In cui $P A_{i,y}$ è la pioggia annua alla stazione i ; $P M A_i$ è la pioggia media annua alla stazione i ; i è il numero di stazioni disponibili nell'anno y . L'indice di pioggia annuo $I_{p,y}$ (1) è stato calcolato per l'intera area di studio.

Le piene risultano spesso concentrate in quegli anni in cui la pioggia è più elevata. Dal 1916 al 2009, in 38 anni si registra almeno una piena catastrofica. Due piene catastrofiche si registrano in 15 anni, tutti verificatisi dal 1972.

Il trend della piovosità nell'intera area è stato determinato mediante la retta di regressione di I_p (Fig. 4)

Come osservato in tutta l'Italia meridionale (Polemio e Casarano 2008), un calo della piovosità si è verificato negli ultimi anni; tale calo è maggiore del 10% della media attuale.

Il trend delle piene catastrofiche è stato caratterizzato calcolando $P_{10,y}$ ovvero il numero totale delle piene catastrofiche dei dieci

anni precedenti, a partire dall'anno y . I più alti valori di $P_{10,y}$ sono relativi al periodo 1976-1995. Il gradiente, in termini di coefficiente angolare, della retta di regressione di $P_{10,y}$ è positivo e equivale a un incremento di 10 eventi in 74 anni. Questo incremento potrebbe essere sovrastimato per le probabili lacune nei dati inerenti le piene verificatesi nella prima parte dello scorso secolo. La correlazione lineare tra I_p , il numero annuale delle piene P o P_{10} è bassa, statisticamente poco significativa e sorprendentemente negativa o inversa. Di conseguenza, il calo tendenziale della piovosità annua non può spiegare o contribuire a giustificare il recente incremento del numero delle piene catastrofiche.

Tale risultato è coerente ed enfatizza i risultati emersi a scala regionale sul trend del numero di giorni piovosi, in apprezzabile calo, tanto rilevante da far sì che la tendenza della piovosità giornaliera, calcolata su base mensile, a partire dai valori mensili di piovosità e di giorni piovosi, sia sostanzialmente stazionaria o moderatamente crescente (Polemio e Petrucci 2010).

5. CONCLUSIONI

È stata ricostruita la serie storica delle piene responsabili di danni verificatesi in epoca storica nel comune di Reggio Calabria. Tale serie, costituita da 150 casi di piene, è stata analizzata in confronto al trend delle piogge e alle principali modificazioni antropiche succedutesi nell'area. La frequenza delle piene responsabili di danni è in aumento e sembra connessa più al ruolo della crescente urbanizzazione che all'andamento delle piogge. Per quest'ultimo, infatti, non si riscontrano sostanziali incrementi, anzi, esso risulta in diminuzione e ciò non è in accordo con l'incremento del numero di piene che si osserva. Al contrario, si osserva che l'incremento co-

stante della popolazione ha determinato una crescente espansione edilizia, anche in aree esposte a rischio di inondazione.

La progressiva espansione edilizia, realizzata senza tener conto delle aree di espansione delle fiumare, sembra avere il ruolo più determinante sull'aumento del rischio da piena nel comune di Reggio Calabria. Ulteriori ricerche, attualmente in corso, sono focalizzate sull'analisi di diversi tipi di dati pluviometrici e climatici e sulla valutazione dell'impatto causato dai singoli eventi di piena e l'eventuale trend che lo caratterizza.

BIBLIOGRAFIA

- BRÁZDIL R., KUNDZEWICZ Z.W., ZBIGNIEW W., BENITO G. (2006), *Historical hydrology for studying flood risk in Europe*. Hydrolog. Sci. J. 51(5): 739-764.
- GIUSTINIANI L. (1797), *Dizionario geografico-ragionato del Regno di Napoli*, Vol. 1.
- MARZOLLA B. (1850). *Provincia di Calabria Citeriore* (Carta geografica).
- PETRUCCI O., POLEMIO M. (2003), *The use of historical data for the characterisation of multiple damaging hydrogeological events*. Natural Hazards and Earth System Sciences 3(1/2): 17-30.
- PETRUCCI O., POLEMIO M. (2007), *Flood risk mitigation and anthropogenic modifications of a coastal plain in southern Italy combined effects over the past 150 years*. Natural Hazards and Earth System Sciences 7, 361-373.
- POLEMIO M. (2010), *Historical floods and a recent extreme rainfall event in the Murgia karstic environment (southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, 54, 195-219.
- POLEMIO M., CASARANO D. (2008), *Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy*. In: Climate change and groundwater, edited by: Dragoni, W., and Sukhija, B. S., Special publications, Special Publications, The Geological Society, London, 39-51, 2008.
- POLEMIO M., PETRUCCI O. (2010), *Occurrence of landslide events and the role of climate in the twentieth century in Calabria, southern Italy*, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 43 (4), 403-415.